

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В РЕЖИМЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Головнин М.А., Исхаков Р.Ф.

Руководитель – профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург,
max-golovnin@yandex.ru

Выполнен анализ условий формирования свойств алюминиевого сплава в режиме горячей прокатки. Сделан акцент на неоднородности распределения термомеханических параметров прокатки и их связи с формированием свойств.

Многопроходная горячая прокатка алюминиевых сплавов сопровождается явлениями упрочнения и разупрочнения, причем эти явления чередуются в цикле от прохода к проходу на протяжении периода прокатки. При этом в формировании свойств конечного продукта участвует большое количество параметров:

- температура нагрева и ее изменение во время прокатки;
- время пауз и связанные с ним процессы статической рекристаллизации;
- режим охлаждения валков и полосы, который зависит как от естественных процессов теплопередачи, так и от искусственно создаваемых условий интенсивности подачи смазочно-охлаждающей жидкости;
- динамика работы прокатного стана, обуславливающая различия в скоростях деформации на стадиях разгона и торможения;
- анизотропия материала, унаследованная от литья и приобретенная в результате деформации;
- тепловыделение от энергии пластической деформации с возможной локализацией зон такого процесса.

Этот список может быть продолжен, и он говорит о том, что система влияющих параметров оказывается сложной.

Именно поэтому часто выделяют какое-либо одно явление и анализируют его влияние на формирование свойств готового изделия.

В качестве иллюстрации этого положения в статье [1] сделана попытка описать явления статической и динамической рекристаллизации при горячей прокатке чистого алюминия. В том числе решена задача методом конечных элементов с целью описания деформированного состояния и сделаны расчеты в соответствии с дислокационной моделью упрочнения. Авторы выбрали температуру прокатки 290°C, что меньше применяемых температур в реальном производстве. В частности, из-за этого процессы рекристаллизации оказались сильно заторможенными.

С позиции механики деформации процесс горячей прокатки выглядит сложным образом из-за преобразования очага деформации от прохода к проходу. Действительно, горячая прокатка начинается с деформации слябовой заготовки, имеющей большую толщину, в результате фактор очага деформации оказывается значительно меньше единицы [2]. Это приводит к локализации деформации вблизи поверхности валков. Основные положения структурного упрочнения алюминиевых сплавов основаны на том, что рекристаллизация наступает в зонах металла, где наиболее развиты деформации (до определенного предела), а также скорости деформации. Таким образом, процессы рекристаллизации должны начинаться в зонах, где оба фактора – деформации и скорости максимальны [3]. Это приконтактные зоны. В других объемах рекристаллизация запаздывает, что приводит к неоднородности свойств по объему прокатываемой заготовки. Влияние скорости деформации в рассматриваемом эффекте значительно, на что обратили внимание и что эффективно используется в технологии прессования [4].

Наблюдения, выполненные с помощью инфракрасной тепловизионной техники на Каменск-Уральском металлургическом заводе [5], показывают, что наряду с другими параметрами температура проката также неравномерна. Влияние оказывает, в частности подача эмульсии на прокат, в результате чего, так или иначе, образуются ручейки сброса, формирующие зоны интенсивного теплоотвода. Это создает дополнительную неоднородность температурного поля.

Влияние полученной неоднородности структуры проявляется в виде неоднородного и/или анизотропного распределения механических свойств в готовом продукте или даже на стадии дальнейшей обработки полуфабриката, например, на стадии правки [6].

Для расчета деформированного состояния, в том числе методом конечных элементов, применяют кривые упрочнения. В последних научных работах, выполненных национальной лабораторией США в Лос-Аламосе (Los Alamos National Laboratory) применительно к деформации алюминиевых сплавов [7], было выявлено, что ход кривых упрочнения в большой степени зависит от схемы нагружения, т.е. применение гипотезы единой кривой для алюминиевых сплавов, по крайней мере серий 5000 и 6000, приводит к значительной ошибке (до 14% по напряжению). Следовательно, анизотропное состояние алюминиевых сплавов должно быть учтено в расчетах формоизменения.

Таким образом, для оценки формирования свойств, необходимо учитывать не только интегральные характеристики деформации, например, обжатие или коэффициент вытяжки, но и применять дифференциальные параметры: распределение зон рекристаллизованного металла, деформаций, напряжений, температур и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Behrad Koohbor. On the influence of rolling path change on static recrystallization behavior of commercial purity aluminum. *Int J Mater Form*. 2014. V. 7. P. 53–63. DOI 10.1007/s12289-012-1113-8.
2. Логинов Ю.Н. Анализ энергозатрат при горячей прокатке листовых полуфабрикатов из алюминия. *Производство проката*, 2005, №4. С.19-24.
3. Логинов Ю.Н., Тулюпа О.А. Влияние скорости деформации на параметры прокатки плоских полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. *Теория и практика производства листового проката*. Липецк, ЛГТУ, 2008. Ч.2.. С.100-106.
4. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Влияние скорости деформации на эффект структурного упрочнения прессованных труб из алюминиевого сплава 6061. *Технология легких сплавов*, 2007, №4. С.123-127.
5. Тулюпа О.А., Логинов Ю.Н. Качественный анализ температурного поля при горячей прокатке ленты из алюминиевого сплава. *Труды 15 конференции молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ-УПИ*, Екатеринбург: ГОУ. ВПО УГТУ УПИ, 2009. С.86.
6. Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Сапунжи В.В. Влияние структуры прессованной полосы алюминиевого сплава 6061 на изменение ее поперечных размеров при правке растяжением. *Цветные металлы*, 2002, №7. С.71-74.
7. Tucker M.T., Horstemeyer M.F., Whittington W.R., Solanki K.N., Gullett P.M.. The effect of varying strain rates and stress states on the plasticity, damage, and fracture of aluminum alloys. *Mechanics of Materials*. 2010. V. 42. P. 895–907, doi:10.1016/j.mechmat.2010.07.003.